

Тогда: $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Fe}) = 4,29 + 0,072 = 4,362 \text{ эВ}$.

Если сравнить энергии связи на атом в химических элементах Fe, Cu и Sn, которые согласно [3] равны:

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Fe}) = 4,29 \text{ эВ};$$

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Cu}) = 3,50 \text{ эВ};$$

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,12 \text{ эВ},$$

то наименьшая энергия связи на атом приходится на химический элемент Sn.

При соединении элементов Fe и Sn энергия связи в слое Sn уменьшится на 0,056 эВ и становится равной $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,064 \text{ эВ}$.

При соединении элементов по схеме Fe - Cu - Sn энергия связи в элементе переходного слоя Sn увеличивается на 0,016 эВ и становится равной

$$E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Sn}) = 3,136 \text{ эВ}.$$

Следует отметить, что при этом уменьшится энергия связи в Cu на 0,016 эВ и станет равной $E \frac{\text{связи}}{\text{атом}}(\text{Cu}) = 3,484 \text{ эВ}$, но и после этого уменьшения энергия связи на атом в Cu заметно больше чем энергия связи в Sn.

Следовательно, если соединить элементы по схеме Fe - Cu - Sn, то энергия связи в Sn не уменьшается, а немного увеличивается, а если соединить по схеме Fe - Sn, то энергия связи в Sn уменьшается.

Таким образом, самое слабое звено системы соединения (Sn) при соединении металлов по схеме Fe - Sn приводит к снижению прочности Sn и упрочнению Fe, а при соединении по схеме Fe - Cu - Sn самое слабое звено Sn упрочняется.

Выводы

Теоретическими исследованиями установлено, что самое слабое звено системы соединения (Sn) при соединении металлов по схеме Fe - Sn приводит к снижению прочности Sn и упрочнению Fe, а при соединении по схеме Fe - Cu - Sn самое слабое звено Sn упрочняется.

Список литературы: 1. Гуляев А.П. Металловедение.- М.: Металлургия, 1986.- 544с. 2. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1968.- 558 с. 3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.- М.: Наука, 1978.-790 с. 4. Борн М. Атомная физика. - М.: Мир, 1970.- 488 с. 5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела.- М.: Мир, 1979.- 399 с.

Поступила в редколлегию 15.05.2008

УДК621.757.001.57

А.Г. ЯСЕВ, К.Г. МЕЖЕННАЯ

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ВАЛОВ ГИДРОМАШИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Two cases of grinding of billows of hydraulic machines are analyzed in the article; basic reliability indexes of this method are expected. The rational parameters of tuning of the technological system are certain.

В условиях реальных производственных процессов возникает необходимость рассмотреть в качестве объекта теории надежности метод механической обработки [1]. Повышение надежности процесса механической обработки с целью стабильного обеспечения заданной точности обрабатываемых деталей является актуальным вопросом, поскольку надежность определяет эффективность использования станков и автоматических линий и обуславливает показатели производительности и экономичности технологических процессов.

Целью данной статьи является применение аппарата показателей теории надежности при исследовании процесса шлифования валов гидромашин в условиях реальной технологической системы на предприятии-изготовителе, а также определение рациональных параметров настройки технологической системы для обеспечения заданного уровня точности обработки.

Исследование проведено для вала двигателя ДС0.02 (вал I) и вала насоса ДЦН80 (вал II).

Для вала I были собраны статистические данные операции шлифования поверхности $\varnothing 8\text{f}9 \left(\begin{smallmatrix} -0.013 \\ -0.049 \end{smallmatrix} \right)$, R_a 1,25 мкм, и установлено, что поле рассеивания выходит за пределы поля допуска (возможно возникновение брака на операции).

Таблица 1 – Параметры распределений полученных размеров при шлифовании валов

№ п/п	Закон распределения	Математическое ожидание a , мм	Среднеквадратическое отклонение σ , мкм	Ассиметрия α
Вал I	Нормальный	7,961	8,9698	-0,414
Вал II	t-распределение	17,90	1,9326	0,33

При исследовании шлифования поверхности $\varnothing 18\text{g}7 \left(\begin{smallmatrix} -0.006 \\ -0.018 \end{smallmatrix} \right)$, R_a 0,32 мкм вала II было установлено, что поле рассеивания находится в пределах поля допуска.

Для двух случаев определено, что закон рассеивания размеров близок к нормальному при уровне значимости 5% с параметрами представленными в таблице 1.

Предварительно был проведен анализ показателей надежности с применением в качестве объекта исследования метода механической обработки [1]. В результате установлен состав показателей, которые могут быть применены для оценки надежности метода обработки (в данном случае шлифования).

Основным показателем надежности является вероятность безотказной работы $P(t)$ за период наработки t . На практике для оценки можно воспользоваться показателем вероятности получения брака на данной операции q [2]:

$$P(t)=1-q, \quad (1)$$

$$q=1+F_z\left[-\frac{3(1+E)}{K}\right]-F_z\left[\frac{3(1-E)}{K}\right], \quad (2)$$

где $F_z\left[-\frac{3(1+E)}{K}\right]$, $F_z\left[\frac{3(1-E)}{K}\right]$ - значения интегралов, определяющих площади, ограниченные функцией плотности распределения $f(x)$ и абсциссами $D_0 \pm d$. Значения функции F_z табулированы в зависимости от величины аргумента [3];

K - коэффициент относительного рассеяния [2]:

$$K=\frac{6\sigma_x}{6\sigma}, \quad (3)$$

где σ_x - среднеквадратическое отклонение поля допуска;

σ - среднеквадратическое отклонение поля рассеивания размеров;

E - коэффициент настроенности процесса [2]:

$$E=\frac{m_x-\Delta_0}{3\sigma_x}, \quad (4)$$

где Δ_0 - положение середины поля допуска на выполняемый размер, для вала I $\Delta_0=7,969$ мм; для вала II $\Delta_0=17,88$ мм.

Кроме вероятности безотказной работы рассчитаем также и другие показатели надежности.

Статистическую оценку средней наработки на отказ \hat{T} вычисляют по формуле [4]:

$$\hat{T}=\frac{t}{r(t)}, \quad (5)$$

где $r(t)$ - число отказов, фактически происшедших за суммарную наработку t . За суммарную наработку принимаем длительность межналадочного периода, которая для вала I составляет $t=6$ мин, для вала II $t=35$ мин. Количество отказов в первом случае $r(t)=6$, во втором случае существует резерв точности, поэтому $r(t)=-2$.

Статистическая оценка для интенсивности отказов $\hat{\lambda}(t)$ имеет вид [4]:

$$\hat{\lambda}(t)=\frac{r(t+\Delta t)-r(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (6)$$

где Δt - время обработки одной детали. Для вала I $\Delta t=0,12$ мин, для вала II $\Delta t=0,7$ мин;

N - количество обработанных деталей за суммарную наработку, $N=50$ шт.

Статистическую оценку для параметра потока отказов $\hat{\mu}(t)$ определяют по формуле [4]:

$$\hat{\mu}(t)=\frac{r(t_1)-r(t_2)}{t_2-t_1} \quad (7)$$

Поскольку наибольшая вероятность получения брака в начале и конце межналадочного периода, принимаем для вала I $t_1=0,36$ мин $t_2=6$ мин; для вала II $t_1=0,7$ мин $t_2=35$ мин.

Кроме единичных показателей рассчитаем также комплексные показатели надежности.

Коэффициент готовности рассчитывается по формуле [4]:

$$K_T=\frac{t}{t+t_{под}}, \quad (8)$$

где $t_{под}$ - время на подналадку станка, $t_{под}=2,5$ мин.

Коэффициент технического использования [4]:

$$K_{Т.И.}=\frac{\Delta t}{T_{ум}}, \quad (9)$$

где $T_{ум}$ - штучное время на операцию, для вала I $T_{ум}=3$ мин, для вала II $T_{ум}=3,5$ мин.

Расчет показателей надежности для двух случаев обработки приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет показателей надежности при шлифовании валов

№ п/п	Наименование показателя	Вал I	Вал II
1	Коэффициент относительного рассеяния K	0,669	1,035
2	Коэффициент настроенности процесса E	-0,44	0,33
3	Вероятность безотказной работы $P(t)$, %	95,54	102,57
4	Средняя наработка на отказ \hat{T} , мин	1	-17,5
5	Интенсивность отказов $\hat{\lambda}(t)$	0,1667	0,0286
6	Параметр потока отказов $\hat{\mu}(t)$	-0,5319	0,029
7	Коэффициент готовности K_T	0,7	0,93
8	Коэффициент технического использования $K_{Т.И.}$	0,04	0,2

Рассмотренные случаи иллюстрируют два типичных варианта выполнения операции. В первом случае существует вероятность

возникновения брака, во втором имеется резерв точности на обработку, который составляет 2,57%. Но в обоих случаях необходимо определить рациональные параметры настройки технологической системы, которые бы обеспечили стабильное получение заданного уровня точности обработки при сохранении высокого уровня производительности.

Для обработки важно установить два параметра – это настроечный размер и длительность межналадочного периода.

Определим значения этих параметров для случая обработки вала I. В рассматриваемом случае смещение уровня настройки описывается уравнением, адекватность которого была предварительно проверена:

$$m_x(t) = -0.4095 + 5.154 \cdot t \quad (10)$$

Было установлено, что в данном случае имеет место изменение уровня настройки при постоянном мгновенном рассеивании размеров $s_x(t) = s_0 = 2,3$ мкм.

Определим значение m_0^* , соответствующее рациональному начальному положению уровня настройки, при котором величина T будет наибольшей. По определению [2]:

$$m_{01} \leq m_0 \leq m_{02}, \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} m_{01} &= \Delta_0 - \delta + 3\sigma_0; \\ m_{02} &= \Delta_0 + \delta - 3\sigma_0. \end{aligned} \quad (12)$$

Непрерывная функция принимает наибольшее значение или в точках экстремума, или на концах интервала. Функция $T(m_0)$ может иметь экстремум только в точке $m_0 = m_{02}$ и равняется в этой точке нулю. Значит она принимает наибольшее значение на другом конце промежутка, в точке $m_0 = m_{01}$.

$$m_0 = 7,969 - 0,018 + 0,007 = 7,957 \text{ мм}$$

Изменение размеров обрабатываемых деталей с допуском $2d$ при заданном настроечном размере m_0 и мгновенном рассеивании размеров $6\sigma_0$ представлено на рис. 1, когда смещение уровня настройки во времени имеет линейную зависимость (10).

Ожидаемая размерная стойкость [5]:

$$T_{\max} = 2\delta \cdot \operatorname{ctga}; \quad T_{\min} = (2\delta - m_0 - 3\sigma_0) \operatorname{ctga}, \quad (13)$$

откуда среднее время работы станка между поднастройками

$$T_{cp} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \left(2\delta - \frac{m_0}{2} - \frac{3\sigma_0}{2} \right) \operatorname{ctga} \quad (14)$$

$$T_{cp} = (36 - 3,5 - 3,45) \cdot 0,194 = 5,63 \text{ мин} - \text{что составляет 46 деталей.}$$

Аналогично определим параметры настройки на операции шлифования при обработке вала II. Смещение уровня настройки описывается уравнением:

$$m_x(t) = 3.8 + 0.192 \cdot t \quad (15)$$

Изменение уровня настройки при постоянном мгновенном рассеивании размеров $s_x(t) = s_0 = 1$ мкм.

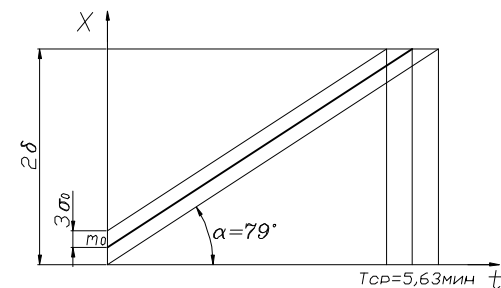


Рис. 1 – График для определения периодичности подналадок на операции шлифования вала I

Положение рационального начального уровня настройки

$$m_0 = 17,988 - 0,006 + 0,003 = 17,985$$

Среднее время работы станка между поднастройками

$$T_{cp} = (12 - 1,5 - 1,5) \cdot 5.2083 = 46,88 - \text{что составляет 66 деталей.}$$

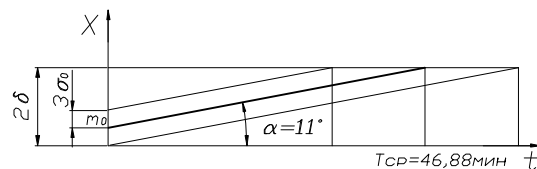


Рис. 2 – График для определения периодичности подналадок на операции шлифования вала II

Выводы.

1. В результате анализа показателей надежности установлено, что на практике имеются случаи нестабильного получения заданной точности обработки (обработка вала I), а на некоторых операциях обработка ведется с чрезмерно ужесточенными параметрами (шлифование вала II).
2. С целью обеспечения стабильного получения заданного уровня точности обработки при сохранении высокого уровня производительности определены рациональные параметры настройки технологической системы.

Список литературы: 1. Ясев А.Г., Меженная К.Г. Методологические аспекты надежности методов механической обработки // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 5 (52). – Днепропетровск, 2007. – С. 72-78. 2. Справочник технолога машиностроителя под ред. А.М. Дальского – М: Машиностроение, 2001. т.1 – 912с. 3. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985 – 496с. 4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. 5. Ишуткин В.И. Технологическая надежность системы СПИД. – М., Машиностроение, 1973 – 128с.

Поступила в редколлегию 15.05.2008